

Detektor bouřek

PETR ADÁMEK, PAVEL VARNUŠKA
Pedagogická fakulta JU, České Budějovice

Resume

Příspěvek se zabývá praktickými konstrukcemi elektronických detektorů úderu blesků pro mladé členy kroužku elektroniky. Těm odpovídá i složitost a sofistikovanost použitých zapojení, dostupnost použitých součástek a ekonomické náklady na jejich pořízení.

Úvod

Bouřkovou činnost dnes může být sledována i s mobilní aplikací, a to aktuálně lokálně na hodinu a místo. V současnosti je to poměrně aktuální téma, když u nás poklesl počet efektivních srážek, které přinášejí vláhu. S uplynutím delší doby, časově odpovídající délkou přes celé dvě generace vývoje polovodičové elektroniky mohou detektory bouřkové činnosti působit jako překonané anachronismy. Za uvedenou dobu bylo publikováno, především radioamatéry relativně velké množství více, či méně složitých elektronických detektorů pro monitorování bouřkové činnosti. Za současnou moderní aplikaci pro detekci bouřek lze považovat s mikrořadičem-mikroprocesorovou stavebnicí Arduino [1]. Zde nabízíme zde dva přístupy z hlediska analogové techniky, vhodnější pro pochopení funkce jak elektronických obvodů, tak fyziky a problematiky přírodního jevu. Nejjednodušší tranzistorový detektor blesků a složitější provedení v podobě dlouhovlnného přijímače, který umožňuje zobrazit četnost úderů blesků, vzdálenost zdroje atd. Oba principy analogových systémů je možno následně doplnit vlastní zvolenou nebo dostupnou digitální technikou (procesorovou stavebnicí) pro monitorování, případně i následné vyhodnocení naměřených dat.

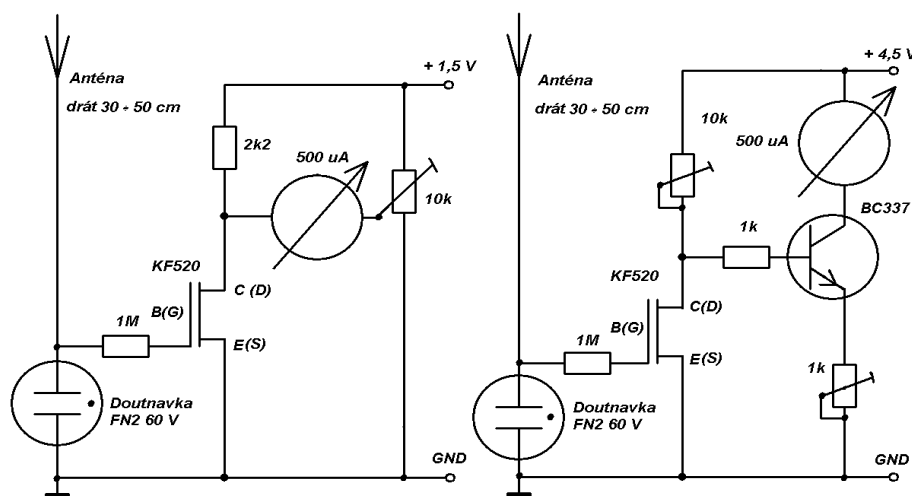
Bouřky

Bouřková činnost a zvýšené proudění vzduchu je provázána vznikem atmosférické elektřiny. Nejčastějším [2] viditelným a slyšitelným projevem vyrovnání náboje mezi mraky vzájemně a mezi mraky a zemským povrchem je známý hluk hromu, jako akustický projev jiskrového výboje za atmosférického tlaku-blesku. Vzniklý výboj můžeme registrovat nejenom akusticky, ale i na vzdálenosti desítek i stovek kilometrů jako rádiové poruchy. Tyto poruchy jsou širokospektrální a šíří se elektromagnetickými vlnami od nízkých frekvencí až po mikrovlny [3]. Tyto poruchy jsou pro komunikaci a přenos dat více či méně účinně cíleně potlačovány především principy rádiového přenosu informací. Samozřejmě, to není tak jednoduché, jak z hlediska elektrického výboje, tak souvisejícího předcházejícího vzniku elektrických nábojů. V nedávných dobách, před 30 lety, bylo možné bouřkovou činnost nechtěně sledovat klasickými přijímači televizního a rozhlasového vysílání. Bouřková činnost, konkrétně bleskový výboj se projevoval akustickými poruchami, praskání, výpadky signálu přijímače díky poruchám přijímaného elektromagnetického signálu, u televizního přijímače rušením zvuku a poruchami obrazu. V některých případech jeho úplným výpadkem signálu. Při úderu blesku do vysílačů je tento jev patrný i dnes, při jejich poškození nebo zničení. Nejsnazší je detekce na starším rádiovém přijímači nejvíce na dlouhých vlnách i středních vlnách s amplitudově modulovaným signálem. Funkční a účinný případ by byla aplikace přijímače s diodovým detektorem, jediným polovodičovým prvkem, v učebnicích fyziky a techniky-

elektroniky a nejen v nich bývá uvedeno pod názvem „krystalka“. Z použitých zapojení je vyjmuto, protože vyžaduje některé součásti (např. otočný ladící kondenzátor a další), které jsou dnes těžko dostupné. Pokud nemáme uvedený přijímač k dispozici, třeba zapomenuté starší stavebnice elektroniky, můžeme si podobné zařízení nejen pro školní aplikace postavit. Předkládané detektory by neměly atmosférické poruchy potlačovat, ale cíleně detekovat, eliminovat detekci signálů, kterých je v současnosti v prostoru nesrovnatelně více a umožnit člověku přijatelnou signalizaci bouře-blesků a její vyhodnocení, alespoň vzdálenosti. Dalším požadavkem je jejich jednoduchá konstrukce, snadná a rychlá realizovatelnost a nízké náklady.

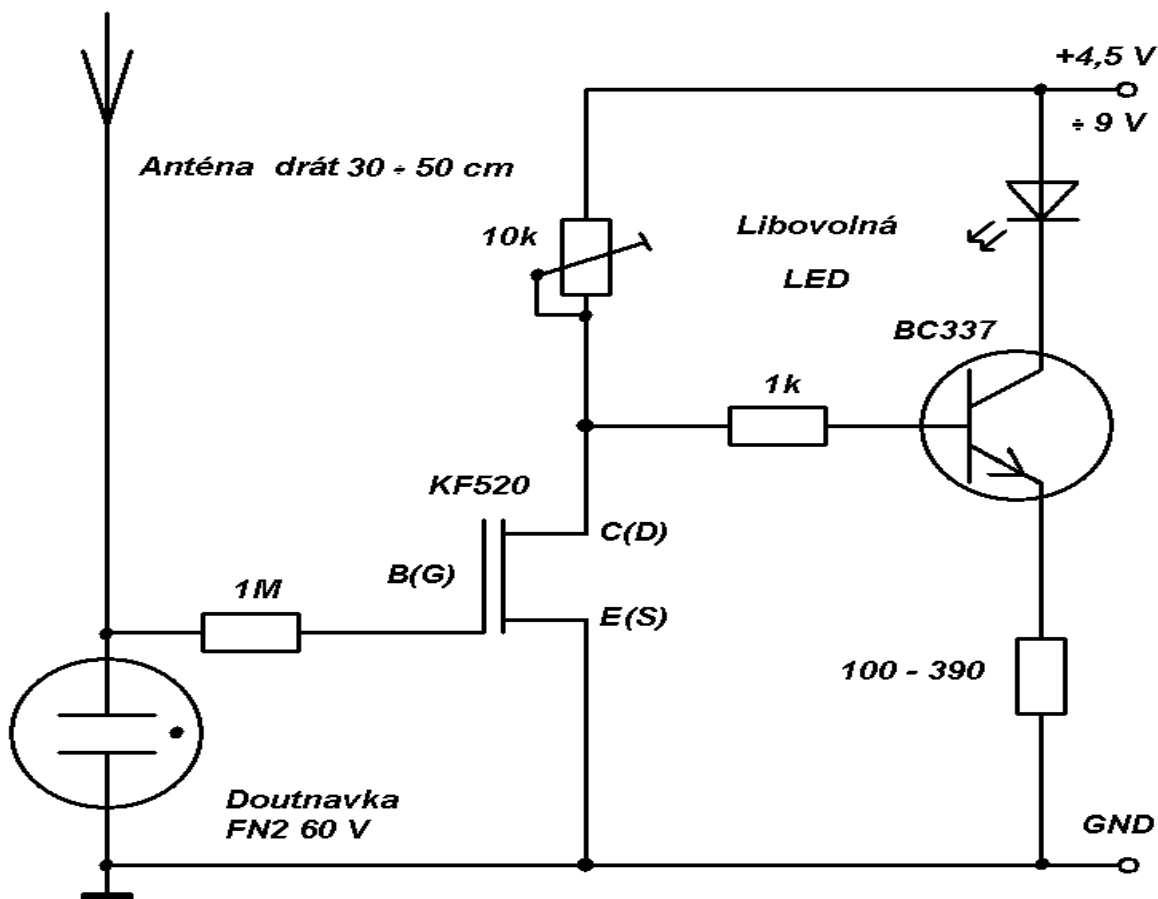
Konstrukce detektorů bouřkové činnosti

Jedním z nejjednodušších méně citlivých detektorů, který obsahuje pouze jeden aktivní prvek [4], je detektor s tranzistorem MOS-FET KF520 [5], který se vyznačuje velkým vstupním odporem a velkými průraznými napětími mezi elektrodami na obrázku 1. vlevo. S použitím starého značení elektrod, v závorkách je uvedeno nové obvyklé značení. Toto zapojení polem řízeného tranzistoru reaguje na změny elektrického náboje – napětí v ovzduší, tj. statickou elektřinu. Detektor bude také reagovat na blízký elektrický náboj způsobený třením syntetického oblečení, nebo nabitý Van de Graafův generátor, zajiskření vodiči nebo jiným zdroji výboje nebo vysokého napětí. Přijímací „anténu“ tvoří (30÷50) cm dlouhý vodič. Toto zařízení je uvedeno ve třech provedeních dle [4]. Jako indikace je použito méně citlivého dostupného mikroampérmetru (500 μ A) [6], můžeme použít i citlivější a napájecí napětí poskytuje jediný tužkový článek 1,5 V. Druhé citlivější zapojení na obr. 1. vpravo, je doplněno jednostupňovým zesilovačem s libovolným tranzistorem NPN, např. BC337 [7], indikace je provedena opět mikroampérmetrem a napájení je z ploché baterie 4,5 V. Z velikosti výchylky můžeme usuzovat „velikost“, intenzitu blesku a z časového zpoždění mezi indikací a příšlým zvukem hromu jeho vzdálenost. Všechna zapojení vyžadují experimentování s nastavením 10k Ω odporových trimrů, pro nastavení (ideálně středové) výchylky měřidel v klidu, případně maximální citlivosti. Jiné provedení detektoru je opět s polem řízeným tranzistorem KF520 a jednostupňovým jednotranzistorovým (BC337) zesilovačem na obr. 2., s pevnými hodnotami součástek a indikací libovolnou svítivou diodou s možným napájením 4,5 V ÷ 9 V.



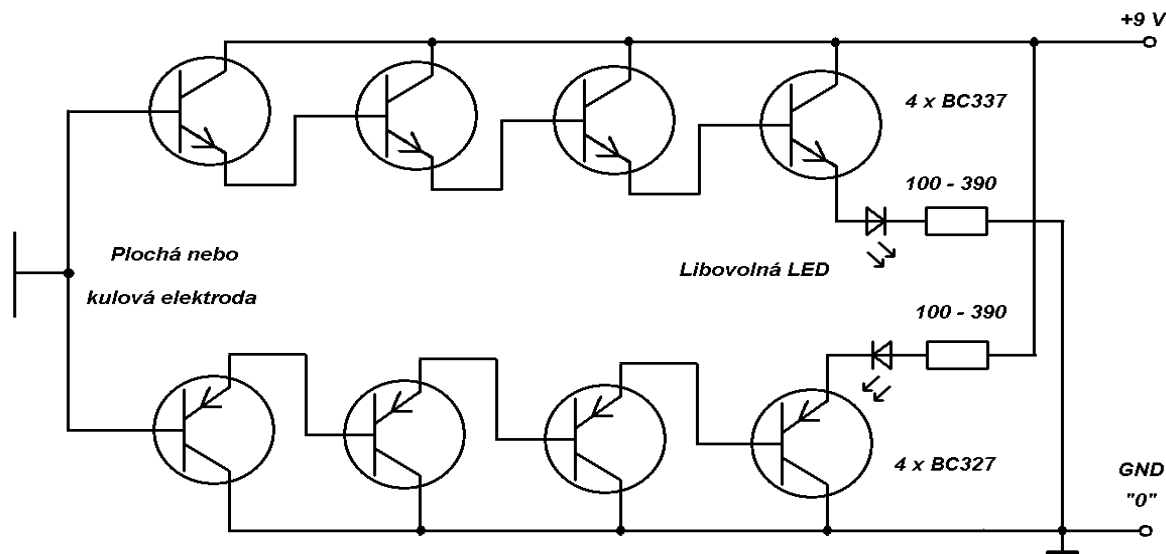
Obr. 1. Zapojení jednoduchého detektoru s KF520 a mikroampérmetrem vlevo a citlivějšího s přidaným tranzistorem BC337 vpravo, upraveno dle [4].

Všechny tyto detektory elektrického pole je třeba chránit před zničením polem řízeného tranzistoru. Optimálním technickým řešením byla doutnavka s malým zapalovacím napětím kolem 60 V, tranzistor KF520 je možné nahradit dle uvedeného schématu typem KF910 dle [4]. Pozn. Autora: tranzistory KF910, KF907 dosahují nižších hodnot průrazného napětí (± 30 V) mezi řídicí elektrodou, U KF520 a (dle některých katalogů součástek dosahuje až 70 V) označovanou báze B(Gate), a elektrodou označovanou emitor E(Source), kolektor C(Drain). Značení elektrod u KF520 v katalogu TESLA odpovídá spíše značení bipolárního tranzistoru PNP. Obvyklé současné značení je Gate, Drain, Source. Takže hledáme parametr napětí UGS, nebo VGS. V současnosti nabízené produkci polovodičových součástek MOS FET tranzistory pro speciální použití se vzdáleně blíží dosahovanému napětí mezi řídicí elektrodou G a zdrojovou elektrodou S. Hodnoty dosahují polovičních hodnot $U_{GS} = 30$ V u nejlepších MOS FETů. Takže tranzistor MOS FET nelze chránit před průrazem doutnavkou. Každá ochrana před průrazným napětím degraduje především parametry vstupního odporu. Nicméně tranzistor KF520 je v současném doprodeji starších součástek a je ještě stále dostupný



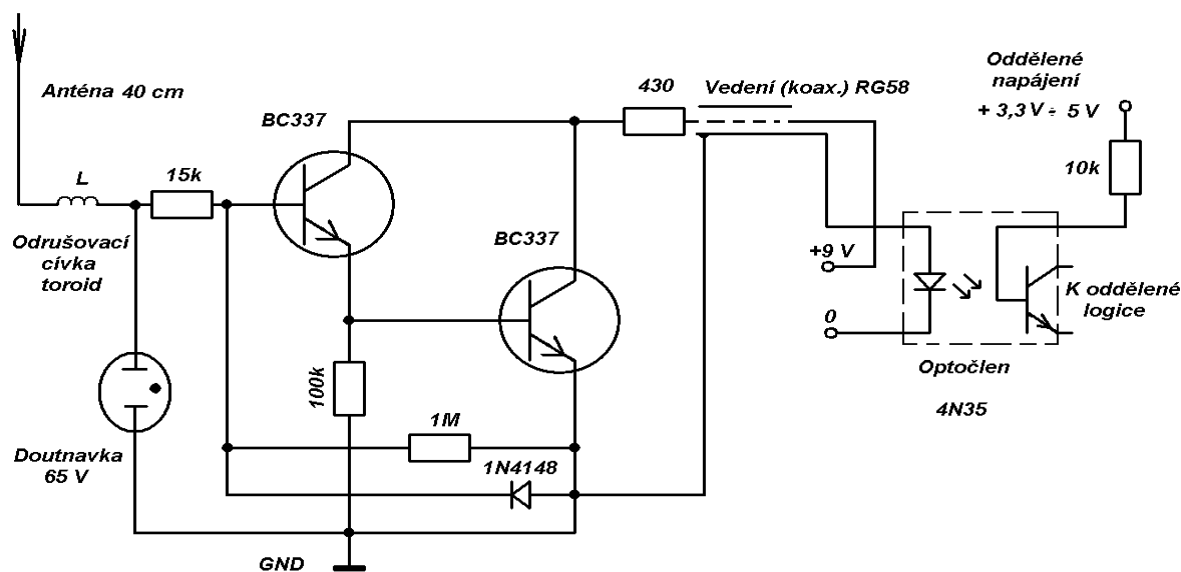
Obr. 2. Zapojení citlivějšího detektoru s KF520, svítivou diodou a s jednotranzistorovým zesilovačem s BC337, převzato a upraveno dle [4].

Elektrický náboj, i jeho změnu, kterou způsobí úder blesku, je možné indikovat i s bipolárními tranzistory v upraveném zapojení na obr. 3., nedosahuje však tak vysokého vstupního odporu a má menší citlivost a dosah. Pro indikaci klasického blesku s tranzistory NPN a pro indikaci opačné polarity s tranzistory PNP. Zapojení je upraveno na dnešní součástkovou základnu podle zapojení „Elektroskop s tranzistory“ dle [8].



Obr. č. 3 Detektor elektrického pole s bipolárními tranzistory dle elektroskopu [8] a upraveno na současnou součástkovou základnu.

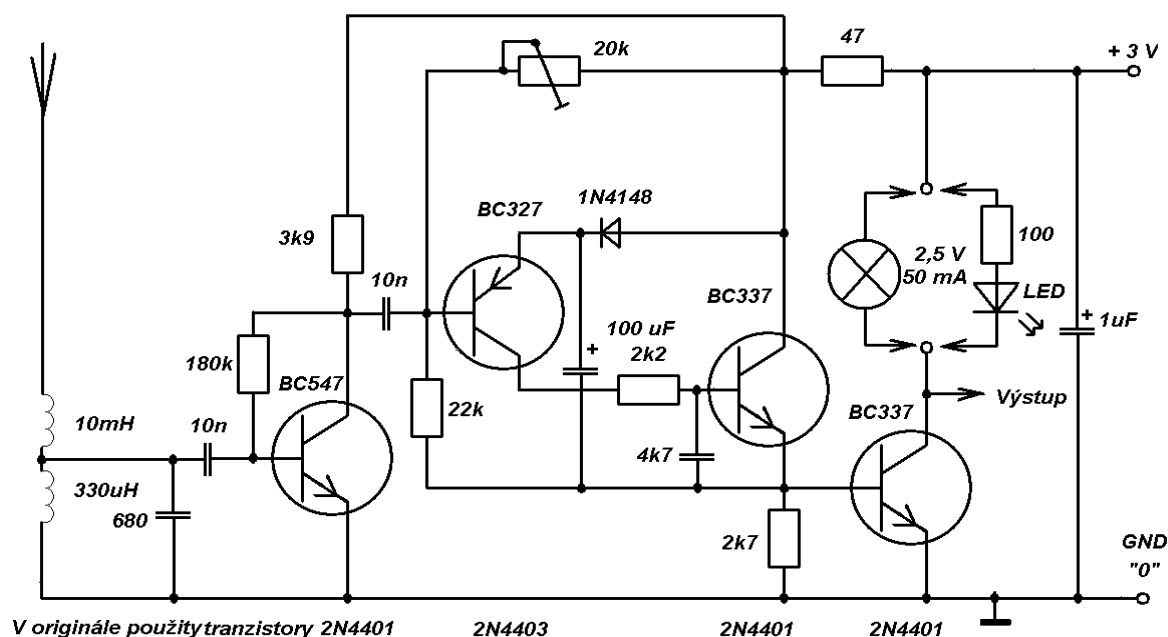
Detekci bouřek, blesků pomocí příjmu elektromagnetických vln volí autor [9], aplikací jednoduchého dvoutranzistorového nízkofrekvenčního rádiového přijímače.



Obr. č. 4. Detektor s bipolárními tranzistory, přizpůsobený k připojení k číslicovému systému a chráněný před přepětím doutnavkou a optoelektrickým izolačním členem.

Anténa je opět jednoduchá – s libovolnou tlumivkou z elektrického spotřebiče - vodič délky (30÷50) cm. Obvod je přizpůsoben pro připojení k výpočetnímu (Arduino a jiné) systému galvanickým oddělením optoelektrickými izolačními členy například viz uvedenými 4N35 [10]. Na obr. 4. je uvedeno upravené schéma dle [9]. Připojené zařízení chrání, dle typu optoelektrického členu, před napětím 3,5 kV až 7,5 kV. Dvojice tranzistorů, původně zastaralých KC 508 je nahrazena dvojicí BC337 [7], Anténa je přizpůsobena tlumivku (není

kritické) a chráněna před atmosférickou elektřinou, nejlépe doutnavkou, použita je běžně dostupná doutnavka bez omezovacího rezistoru na zapalovací napětí kolem 65 V.



Obr. č. 5. Detektor bouřek s použitím signálů elektromagnetického pole, přijímač, upraveno dle [3] i na moderní dostupné polovodiče.

Jiný přístup je detekce bouřkové činnosti pomocí elektromagnetických vln na vyšších kmitočtech, které je několikrát zpracováno i jako závěrečná práce například v [3]. Tento rádiový přijímač respektuje volné kmitočtové pásmo kolem 300 kHz, aby nepodléhal rušení jinými zdroji, vysílací používanými pro komunikaci a navigaci nebo jinými. Zapojení z obr. 5. nejprve zesílí přijímaný signál z antény (BC547) [11], potom se tvaruje (BC327, [12], BC337 [7], diodou 1N4148 [13] klopném obvodu a je zobrazen třeba blikáním klasické žárovky nebo svítivou diodou. Zapojení se vyznačuje komplikovanějším přizpůsobením induktivním s cívkou (zkrácením) antény přijatelných rozměrů. Téma pro příjem elektromagnetických vln pro detekci bouřkové činnosti je vícenásobně zpracováno i jako diplomové práce [3] nebo [14]. Uvedené zapojení však přesahuje požadované jednoduché a časově nenáročné zpracování, které původně zlepšuje motivaci. Takže pro naše účely není vhodné.

Z prostorových důvodů není předložený článek ani zdaleka vyčerpávající. Další možný přístup je využití magnetické složky elektromagnetických vln, mikrovln...atd.

Literatura

- [1] https://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product_id=441A
- [2] SEDLÁK, B., ŠTOLL, I.: *Elektřina a magnetismus*. Praha: Academia, 2002, 2. vydání.
- [3] https://www.google.cz/search?ei=n3F1W8rVMNDOwQLjqLOICg&q=detektor+bou%C5%99ek+Totkov%C3%A1+UTB&oq=detektor+bou%C5%99ek+Totkov%C3%A1+UTB&gs_l=psyab.3..33i160k1.6470.8169.0.9387.4.4.0.0.0.163.401.3j1.4.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.4.395...0.rDmD8XITPuA
- [4] <http://vmiksik.sweb.cz/indikator.html>
- [5] <http://teslakatalog.cz/KF520.html>

- [6] <https://www.conrad.cz/analogove-panelove-meridlo-voltcraft-am-60x46-100ua-dc-100-ua.k103537>
- [7] <https://www.gme.cz/bipolarni-tranzistor-bc337-25-to92>
- [8] Elektroskop s tranzistory. Amatérské radio B č. 4/ 1986, str. 146
- [9] <https://www.lphard.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=93>
- [10] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=4n35&page=1
- [11] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=bc547&page=1
- [12] https://www.gme.cz/vysledky-vyhledavani?search_keyword=bc327&page=1
- [13] <https://www.gme.cz/dioda-1n4148>
- [14] https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=82870